

УДК 004.94

МАРТИНЮК Т.Б., КОЖЕМ'ЯКО А.В., КОЛІВОШКО А.І., КАРАСЬ О.В.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КІЛЬЦЕВОЇ СОРТУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Анотація. У даній роботі розглянуто сортування методом попарного обміну у вигляді сортувальної мережі типу «кільця». В такій сортувальній мережі формуються додаткові зв'язки між крайніми елементами масиву. Це, в свою чергу, свідчить про створення «кільцевої» структури зв'язків. Проведено імітаційне моделювання цього підходу, яке показало його ефективність через зменшення кількості циклів сортування у порівнянні із сортувальною мережею типу «стрічки». Формування «кільця» у непарних циклах сортування призводить до суттєвого зменшення кількості циклів у більшості випадків. Результати дослідження можуть бути використані при конкретній апаратній реалізації асоціативного процесора.

Ключові слова: сортування масиву чисел, попарний обмін, сортувальна мережа у вигляді «кільця», ефективність процесу сортування.

Анотация. В данной работе рассмотрена сортировка методом парного обмена в виде сортирующей сети типа «кольца». В такой сортирующей сети формируются добавочные связи между крайними элементами массива. Это, в свою очередь, свидетельствует про образование «кольцевой» структуры связей. Проведено имитационное моделирование этого подхода, которое показало его эффективность из-за уменьшения количества циклов сортировки по сравнению с сортирующей сетью типа «ленты». Формирование «кольца» в нечётных циклах сортировки приводит к существенному уменьшению количества циклов в большинстве случаев. Результаты исследования могут быть использованы при конкретной аппаратной реализации ассоциативного процессора.

Ключевые слова: сортировка массива чисел, парный обмен, сортирующая сеть в виде «кольца», эффективность процесса сортировки.

Abstract. In this work reviewed the sorting by pairwise exchange as sorting networks of "ring" type. In such a sorting network generated more connections between the extreme elements of the array. This, in turn, suggests creating a "ring" structure of connections. A simulation of this approach, which showed its efficiency by reducing the number of sorting cycles compared to sorting network type "tape". Formation of the "ring" in odd sort leads to a significant reduction in the number of cycles in most cases. Results of the work can be used in a specific hardware implementation associative processor.

Key words: sorting array of numbers, pair changing, a «circle»-typed sorting net, sorting process effectiveness.

Вступ

Враховуючи широкі обчислювальні можливості, що забезпечують інформаційно-обчислювальні засоби на новітній елементній базі (ПЛІС, оптоелектронні ІС, фотонні кристали) [1], існує доцільність вдосконалення реалізаційних моделей асоціативних засобів обробки та аналізу інформації [2,3]. Це пов'язано, в першу чергу, з широким застосуванням процедур пошуку та виявлення необхідних даних у великих масивах, наприклад, у системах управління базами даних (СУБД) та сортування IP адрес у комп'ютерних мережах, де існує необхідність видачі даних з впорядкуванням їх масиву за певними ознаками [4, 5]. А також з необхідністю швидкісної обробки значних масивів даних. Таким чином, існує потреба у спеціалізованих засобах, які забезпечують високу пропускну здатність і обробляють значні масиви структурованих даних [6, 7].

Актуальність

В останній час все більше уваги приділяється такій важливій асоціативній операції, як сортування великих масивів даних [7, 8]. В цьому аспекті для дослідження паралельних методів сортування інтерес представляє метод попарного обміну з його апаратною реалізацією на сортувальних мережах, що забезпечує максимально можливий рівень паралелізму обробки $O(n/2)$ при розмірності n масиву чисел [9]. Використання процесу сортування у вигляді сортувальної мережі, по – перше, призначене для апаратної реалізації асоціативної обробки векторного масиву даних. А по – друге, за рахунок апаратних витрат дозволяє досягти прискорення процесу сортування $O(n)$ у порівнянні з відомими швидкісними методами, що забезпечують часову залежність $O(n \cdot \log_2 n)$.

Одним з варіантів вдосконалення сортувальної мережі для реалізації попарного обміну у вигляді «стрічки» [9, 10] запропоновано сортувальну мережу у вигляді «кільця». Це дозволяє прискорити процес сортування за рахунок зменшення кількості циклів шляхом повного попарного аналізу чисел масиву, а також збільшити однорідність топології зв'язків при апаратній реалізації за рахунок їх кільцевої структури, а саме, через введення зв'язку поперемінно у циклах між першим та останнім елементами масиву [11-15]. Разом з тим, недостатньо досліджено ефективність (зменшення циклів) процесу сортування з введенням кільцевої топології зв'язків для всіх випадків розташування чисел у масиві.

Мета

Метою даної роботи є визначення ефективності сортування масиву чисел за методом попарного обміну у сортувальній мережі у вигляді «кільця» в процесі комп'ютерного моделювання.

Постановка задачі

Суть методу попарного обміну у вигляді «стрічки» базується на повторенні етапів порівняння пар сусідніх чисел масиву. На рис. 1 зображено правило сортування за методом попарного обміну у сортувальній мережі у вигляді «стрічки», де точками на горизонтальних лініях схематично позначено елементи

масиву, а лінії, що їх з'єднують, показують утворення пар елементів, що порівнюються. Правило сортування (див. рис. 1 а) таке: у першому циклі формуються пари, починаючи з кожного непарного елемента і наступного за ним у масиві. У другому циклі навпаки – пари формуються, починаючи з елемента, що займає парну позицію. При сортуванні за зростанням зміна (транспозиція) елементів у парах відбувається за умов, що елемент з більшим значенням займає більшу позицію у парі. І так до тієї пори, поки не відбудеться жодної зміни чисел в одному циклі. Це свідчить про те, що масив відсортовано.

Існує два варіанти порядку формування пар елементів масиву в сортувальній мережі у вигляді «стрічки» (рис. 1а,б).

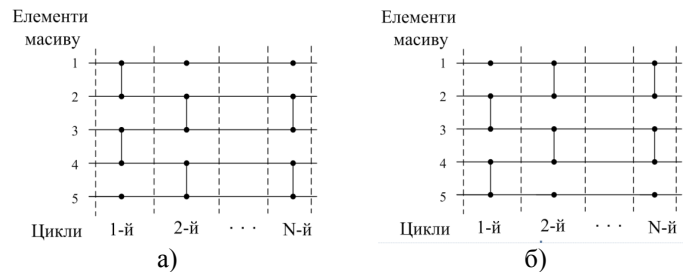


Рисунок 1 – Два варіанти сортувальної мережі у вигляді «стрічки» при N-парне

Покращення даного методу полягає в тому, що у парному або непарному циклі в залежності від правила сортування (див. рис. 1 а,б) є два крайніх вільних елемента, що залишаються без пари. Тому є доцільним порівняти їх, формуючи додаткову пару елементів. Таким чином формується сортувальна мережа у вигляді «кільця» (рис. 2 а,б). У випадку спрацювання правила «кільця» це може суттєво збільшити швидкість процесу сортування через зменшення циклів, тому є обґрунтованим дослідження цього підходу в процесі імітаційного моделювання.

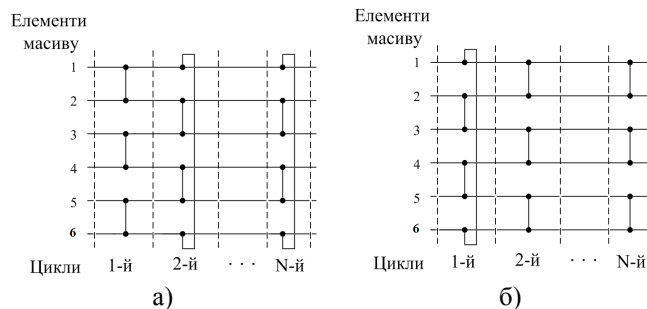


Рисунок 2 – Два варіанти сортувальної мережі у вигляді «кільця» при N-парне

Імітаційне моделювання процесу сортування

Для визначення ефективності сортування масиву чисел методом попарного обміну було розроблено програму для моделювання даної операції на послідовній ЕОМ мовою програмування C++.

Сортування масивів розмірністю в 100 елементів проводилось 10 тисяч разів. Слід зауважити в який спосіб виконувалось заповнення масивів та яким чином було отримано результати.

Етап 1. На першому етапі виконується заповнення масивів генератором випадкових чисел в діапазоні від 0 до 999 мови програмування C++. Формування масивів виконувалось за специфічним алгоритмом в залежності від часу. Після цього заповнений масив дублюється для сортування за всіма правилами (без «кільця» (див. рис. 1 а,б) та аналогічно з «кільцем»).

Етап 2. Виконується сортування з «кільцем» за двома вище описаними правилами (рис. 2 а,б) та підраховується кількість циклів. По завершенню даного етапу результат сортування та вхідний масив заноситься в спеціальний файл «SortBuble.txt».

Етап 3. На даному етапі перевіряється кількість спрацювання правила формування «кільця» (додаткової пари, першого з останнім елементом масиву). Якщо правило спрацює хоча б один раз, то виконується сортування масиву без «кільця» за відповідним правилом та порівнюється кількість циклів для обох варіантів. Результат виконання даного етапу аналогічно попередньому заноситься в відповідний файл «SortBuble.txt».

Етап 4. На даному етапі в процентному співвідношенні результат порівняння заноситься у відповідний файл «Table.txt» у вигляді таблиці та виводиться на екран (рис. 3).

З результату програми (файл «SortBuble.txt») видно, що правило формування «кільця» спрацьовує не більше одного разу, причому дане правило спрацьовує в деяких випадках лише у 1-му чи у 2-му циклах. В наступних циклах даний зв'язок є не задіяним.

```

кількість проведених сортувань: 10000
перше правило (кожний елемент має відповідну пару)
зпрацювання кільця | у відсотках | зменшення к-сті циклів відбулося:
1630 | 16.3 | 0.27
перше правило (перший з останнім елементом в парі)
зпрацювання кільця | у відсотках | змінення к-сті циклів відбулося:
5014 | 50.14 | 47.61
збільшилось циклів на 1: 15.09%
зменшилась к-сть циклів в межах у відсотках:
від 1 до 5 циклів: 25.3%
від 6 до 10 циклів: 4.91%
від 11 до 15 циклів: 1.73%
від 15 до 20 циклів: 0.35%
більше 20 циклів: 0.03%

```

Рисунок 3 – Результат виконання програми «Table.txt»

З аналізу рис. 3 видно, що для першого правила (рис. 2 а) є недоцільним використання правила «кільця», оскільки із 16,3% спрацювання даного правила несуттєве зменшення циклів (на 1-2 цикли) відбулося лише в 0,27% сортувань. Для другого правила (рис. 2 б) результати кращі. Відбулося до 50% спрацювання правила формування «кільця», що становить половину усіх проведених сортувань: 25,5% з яких скоротились від 1 до 5 циклів, 4,91% від 6 до 10 циклів, 1,73% від 11 до 15 циклів та 0,35% від 15 до 20 циклів і лише кілька сортувань скоротились більше ніж на 20 циклів. Але разом з тим 15,09% сортувань виконувались на 1 цикл довше.

Висновки

Аналіз результатів імітаційного моделювання процесу сортування методом попарного обміну показав доцільність введення зв'язку між крайніми вільними елементами масиву (формування «кільця») у непарних циклах сортування через суттєве зменшення циклів у більшості випадків

Список літератури

1. Палагин А. В. Системная интеграция средств компьютерной техники/ А. В. Палагин, Ю. С. Яковлев. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 680 с. – ISBN 966-641-140-7.
2. Однокристалний асоціативний процесор САМ 2000. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://data.mf.grsu.by/citforum/htdocs/hardware/vich_sist/index.shtml.
3. Smith D., Hall I., Miyake K. The CAM 2000 Chip Architecture Rutgers University [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cs.rutgers.edu/pub/technical-reports>.
4. Тербер К. Дж. Архитектура высокопроводительных вычислительных систем/ К. Дж. Тербер: пер. с англ. – М.: Наука. Гл. ред. физ. – мат. лит.-ры, 1985. – 272 с.
5. Хранение и сортировка адресов IP [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.compdoc.ru/bd/mysgl/pstore>.
6. Григорьев В. Р. Нейросетевая организация алгоритмов сортировки на трехмерном оптическом нейрочипе/ В. Р. Григорьев, С. П. Наумов// Автометрия. – 1993. - №3. – С. 28-37.
7. Гергель В. П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем: учеб. пособие/ В. П. Гергель, Р. Г. Стронгин. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н. Лобачевского, 2003. – 184 с.
8. Алгоритмы. Сортировка и операции с упорядоченными последовательностями [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://alglib.chat.ru/sort/index.html>.
9. Кнут Д. Э. Искусство программирования. Т. 3. Сортировка и поиск/ Д. Э. Кнут: пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 832 с. – ISBN 5-8459-0082-4.
10. Лорин Г. Сортировка и системы сортировки/ Г. Лорин: пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 384 с.
11. Пат. 63366 Україна, МПК7 G06F7/06. Спосіб сортування чисел/ Т. Б. Мартинюк, М. Ю. Черниш, Р. А. Расенко, В. В. Хом'юк, Ю. В. Васюра: Вінниц. держ. техн. ун-т. - №2003043089; заявл. 08.04.2003; опубл. 15.01.2004, Бюл. №1.
12. Пат. 2246750 РФ, МКИ7G06F/08/. Устройство для сортировки чисел/ В. М. Довгань, Е. А. Титенко, С. В. Выдрин, Д. В. Ключков; Курский гос. техн. ун-т. - №2003124412/09; заявл. 04.08.2003; опубл. 20.02.2005, Бюл. №5.

13. Пат. 25483 Україна, МПК7 G06F7/04. Пристрій для сортування чисел/ Т. Б. Мартинюк, В. В. Хом’юк, Л. В. Огороднійчук, О. В. Кириленко: Вінниц. нац. техн. ун-т. - №U200703603; заявл. 02.04.2007; опубл. 10.08.2007, Бюл. №12.

14. Пат. 34857 Україна, МПК8 G06F7/04. Пристрій для сортування чисел/ Т. Б. Мартинюк, А. Г. Буда, Л. В. Огороднійчук, Ю. А. Пахомов: Вінниц. нац. техн. ун-т. - №U200803629; заявл. 21.03.2008; опубл. 26.02.2008, Бюл. №16.

15. Пат. 35546 Україна, МПК8 G06F7/04. Пристрій для сортування чисел/ Т. Б. Мартинюк, О. М. Тарасова, Ю. А. Пахомов, Т. В. Онищук: Вінниц. нац. техн. ун-т. - №U200804871; заявл. 15.04.2008; опубл. 25.09.2008, Бюл. №18.

Відомості про авторів

Мартинюк Тетяна Борисівна – д.т.н., доцент, професор кафедри ЛОТ.

Кожем’яко Андрій Вікторович - к.т.н., доцент, доцент кафедри ЛОТ.

Колівошко Антон Ігорович – студент кафедри ЛОТ.

Карась Олександр Володимирович - студент кафедри ЛОТ.